

MASTER'S THESIS

Ontologie-ontwerppatronen voor gevolgtrekkingen met automatische uitleg

Pietersma, T. (Tije)

Award date:
2019

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain.
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

pure-support@ou.nl

providing details and we will investigate your claim.

Downloaded from <https://research.ou.nl/> on date: 05. May. 2023

Open Universiteit
www.ou.nl



Ontologie-ontwerppatronen voor gevolgtrekkingen met automatische uitleg

| | |
|----------------------|--|
| Opleiding: | Open Universiteit, faculteit Management, Science & Technology Masteropleiding Business Process Management & IT |
| Programme: | Open University of the Netherlands, faculty of Management, Science & Technology Master Business Process Management & IT |
| Cursus: | IM0602 Voorbereiden Afstuderen BPMIT IM9806 Afstudeertraject Business Process Management and IT |
| Student: | Tije Pietersma |
| Identiteitsnummer: | |
| Datum: | 13-aug-2019 |
| Afstudeerbegeleider: | Dr. Lloyd Rutledge |
| Meelezer: | Prof. Dr. Stef Joosten |
| Versie nummer: | 1.1 |
| Status: | Definitief |

Abstract

Dit onderzoek geeft ontologie-ontwerppatronen voor het implementeren van bedrijfsregels op het Semantisch web, onder de voorwaarde dat de gemodelleerde gevolgtrekkingen met automatische uitleg begrijpelijk over komen bij een eindgebruiker. De ontologie-ontwerppatronen geven als voordeel dat een uitleg te genereren is waarvoor empirisch getoetst is dat deze niet te triviaal, maar ook niet te complex is om te begrijpen. De ontologie-ontwerppatronen zijn gebaseerd op deductieregels. Dit zijn generieke representaties van enkelvoudige inferentiestappen in een uitleg. Ontologie-ontwerppatronen zijn herbruikbare oplossingen ter vereenvoudiging en ondersteuning van ontologie-ontwikkeling en het gebruik van semantische technologieën.

De gebruikte onderzoeksmethode is die van design science. In een demonstratie van de ontologie-ontwerppatronen als implementatie-methode, volgt beoordeling of de gemodelleerde bedrijfsregels voldoende begrijpelijk over komen bij een eindontvanger. Definiëring van deductieregels als ontologie-ontwerppatroon geschiedt door documentering, bestaande uit een beschrijving, een gecodeerde en een grafische weergave. Op klasse-niveau zijn de geïmplementeerde bedrijfsregels te valideren, evenals de mate van begrijpelijkheid van de gevolgtrekking met automatische uitleg. Dit laatste volgt uit exacte aanwezigheid van onderhavige deductieregel, waardoor toepassing van een uitlegsysteem mogelijk is, met navenante uitleg tot gevolg. Op het niveau van een individu is dit niet mogelijk. De ontologie-ontwerppatronen zijn te gebruiken voor het modelleren van enkelvoudige en meervoudige inferentiestappen.

Sleutelbegrippen

Semantisch Web Technologie, ontologie-ontwerppatronen, gevolgtrekkingen, rechtvaardigingen, deductieregels

Inhoudsopgave

| | |
|--|----|
| 1. Introductie | 1 |
| 1.1. Introductie | 1 |
| 1.2. Gebiedsverkenning..... | 2 |
| 1.3. Probleemstelling en opdrachtformulering | 3 |
| 1.4. Aanpak in hoofdlijnen..... | 4 |
| 2. Theoretisch kader | 4 |
| 2.1. Onderzoeksaanpak en uitvoering..... | 4 |
| 2.2. Semantisch Web Technologie | 4 |
| 2.3. Ontology Design Patterns | 8 |
| 2.4. Samenvatting theoretisch kader | 9 |
| 3. Methodologie | 10 |
| 3.1. Conceptueel en technisch onderzoeksontwerp..... | 10 |
| 3.2. Dataverzameling en data-analyse | 11 |
| 3.3. Methodologische issues | 12 |
| 4. Resultaten..... | 12 |
| 4.1. Demonstratie van een hypotheekleningaانبod dat voldoet aan wet- en regelgeving..... | 13 |
| 4.1.1. Definiëring deductieregel als CODP..... | 13 |
| 4.1.2. Implementatie in FIBO..... | 14 |
| 4.1.3. Scenario voor classificeren van een individu..... | 16 |
| 4.1.4. Evaluatie Implementatie | 16 |
| 4.2. Demonstratie bepalen burgerlijke staat aanvrager hypotheeklening | 16 |
| 4.2.1. Definiëring CODP | 16 |
| 4.2.2. Implementatie in FIBO..... | 18 |
| 4.2.3. Scenario voor classificeren van een individu..... | 19 |
| 4.2.4. Evaluatie implementatie..... | 20 |
| 4.3. Demonstratie bepalen burgerlijke staat en eigenwoningbezit voor aanvrager hypotheeklening | 20 |
| 4.3.1. Selectie CODP's..... | 21 |
| 4.3.2. Implementatie in FIBO..... | 21 |
| 4.3.3. Classificeren van individuen | 24 |
| 4.3.4. Evaluatie implementatie..... | 24 |
| 5. Discussie, conclusie, aanbevelingen voor vervolgonderzoek en reflectie | 25 |
| 5.1. Discussie | 25 |
| 5.2. Conclusie..... | 25 |

| | |
|---|----|
| 5.3. Aanbeveling voor vervolgonderzoek..... | 26 |
| 5.4. Reflectie..... | 26 |
| Geciteerde werken..... | 27 |

1. Introductie

1.1. Introductie

Het kunnen verklaren van beslissingen, genomen door kunstmatige intelligentie, is een onderzoeksgebied dat in toenemende mate aantrekkelijk is voor academisch onderzoek en ondernemersoplossingen. Dit komt onder meer doordat regelgevers in toenemende mate eisen stellen aan veilige en transparante consumentensystemen. Daarbij ligt de focus op verklaarbaarheid als intrinsieke eigenschap van een systeem, in tegenstelling tot een externe functie of een daaropvolgend controleproces (Waltl & Vogl, 2018).

Bij het aanbieden van geautomatiseerd advies voor het afnemen van financiële producten, vindt de Nederlandse overheid een begrijpelijke toelichting op het advies extra belangrijk, daar de ontvanger van het advies niet zonder meer om verduidelijking kan vragen (AFM, 2018). Een voordeel van een toelichting op het advies bestaande uit een analytisch rechtvaardiging is dat het bijdraagt aan hogere adviesaanvaarding en hogere adviesopvolging (Tzioti S. , 2010) (Tzioti, Wierenga, & Van Osselaer, 2014). Voor financieel advies geldt dat adviesaanvaarding over het algemeen laag is (Stolper & Walter, 2018).

Sinds de financiële crisis van 2007 speelt Semantisch Web Technologie (SWT) een voorname rol in de financiële industrie, voor gebruik in het datamanagement van de bedrijfsvoering, met als belangrijkste voordeel dat de businessconcepten eenduidig en transparant zijn (Butler & Abi-Lahoud, 2014) (Hu, Yan, Zhao, & Hua, 2013).

Het Semantisch Web (SW) kent verschillende deductieve en ontologische redeneertechnieken voor het genereren van verschillende typen uitleg voor gevolgtrekkingen, die op verschillende wijze aan een gebruiker zijn te presenteren. Een prominent type van uitleg, voornamelijk in gebruik bij ontologie-ontwikkeling, betreft de benadering van rechtvaardigingen. Dit is een minimale sub-verzameling van een ontologie, toereikend voor het behoud van een gevolgtrekking (Horridge, 2011) (Nguyen, 2013). Er zijn diverse technieken in gebruik voor het verbeteren van een uitleg op basis van rechtvaardigingen, zoals grafische weergaven van bewijzen en uitvoer van natuurlijke talen, meestal gegenereerd met behulp van patronen (Schiller & Glimm, 2013).

Nguyen (2013) ontwikkelde een trapsgewijze uitlegvorm, in de vorm van een framework van deductieregels, voor inferenties die niet triviaal te begrijpen zijn voor mensen zonder achtergrond in ontologie-ontwikkeling of logica. Deductieregels zijn patronen; generieke representaties van veelvoorkomende gevolgtrekkingen en rechtvaardigingen. Het systeem is generaliseerbaar naar elke ander toepassing waarin het doel is begrijpelijke, logische uitleg voor inferenties te genereren (Nguyen, 2013, p. 11). Dit onderzoek heeft als doel uit te zoeken hoe en in hoeverre deductieregels te gebruiken zijn als ontologie-ontwerppatroon voor het implementeren van bedrijfsregels op het SW. Dit is relevant voor de financiële industrie, voor het geven van een aanbeveling aan een consument voor een financieel product. Dit mag alleen onder de voorwaarde er een toelichting in begrijpelijke termen volgt voor de consument. De centrale onderzoeksvraag luidt hoe en in hoeverre gevolgtrekkingen met een automatische uitleg te modelleren zijn. Beantwoording volgt vanuit het perspectief van een onderzoeksmodel, waarin voor een vervaardiger van bedrijfsregels zeker dient te zijn dat de bedrijfsregel begrijpelijk over komt bij de ontvanger. De uitkomsten van dit onderzoek komen ten goede aan de opname van SWT in het financiële en het juridische domein.

1.2. Gebiedsverkenning

Semantisch web technologie (SWT).

Het Semantisch Web (SW) staat voor de immer voortgaande ontwikkeling van het internet, met een focus op een geformaliseerde beschrijving van concepten en de bijbehorende termen voor data en informatie. Ontologieën behoren tot de centrale elementen van het SW en is een beschrijving van een bepaald toepassingsdomeinen van kennis, met verzamelingen van concepten en de verbanden daartussen. Een gevolgtrekking – ook wel inferentie of afleiding geheten – is een bewering die logisch volgt uit axioma's die een gebruiker in een ontologie bevestigt (Horridge, 2011) (Nguyen, 2013). De Financial Industry Business Ontology (FIBO) is de ontologie-standaard in de financiële industrie en geschikt voor alle financiële instrumenten, te gebruiken voor het maken van nieuwe ontologieën voor nieuwe domeinen van de financiële sector, voor de ontwikkeling van applicatiesoftware en voor de implementatie van de taalinterface tussen bedrijfs- en informatietechnologieën (Butler & Abi-Lahoud, 2014) (Petrova, Tuzovsky, & Aksenova, 2017).

Rechtvaardigingen

Voor het kunnen begrijpen van rechtvaardigingen is voor een ontologie-ontwerper geen extra kennis benodigd, behalve enige kennis van de semantiek van de gebruikte taal. Het kan problematisch zijn wanneer axioma's in een rechtvaardiging lang zijn en verschillende complexe expressies bevatten. Sommige delen van de axioma's zijn dan onnodig voor het behoud van de gevolgtrekking. Dit kan een lezer afleiden, die probeert de gevolgtrekking te begrijpen. Laconieke rechtvaardigingen kennen dit probleem niet. Ze bestaan uit axioma's die geen onnodige delen bevatten voor behoud van de gevolgtrekking (Horridge, 2011).

Deductieregels

Deductieregels zijn generieke representaties van een enkele inferentiestap in een uitleg, onder de voorwaarde dat ze simpel zijn en frequent voorkomen. Het patroon van een deductieregel bestaat uit een set axioma's en een daarop gebaseerde gevolgtrekking, geabstraheerd zodat deze geen entiteitnamen bevat, alleen variabelen (de klassennamen). Het betreffen subsumptie-relaties op klasse-niveau, ingedeeld in drie categorieën. De eerste categorie bevat klassen die semantisch equivalent zijn aan tautologieën. De tweede categorie bevat klassen die onbevredigbaar zijn, contradicties. In deze categorieën zijn de inferenties per definitie gewenst. De derde categorie bevat subsumptie-klassen, waarbij de wenselijkheid van de inferenties afhankelijk is van beoordeling door een domeinexpert. Deductieregels hebben de laconieke eigenschap. Voor elke deductieregel is empirisch bepaald of de inferentie met uitleg begrijpelijk is voor mensen die geen of weinig ervaring hebben met het SW en Logica (Nguyen, 2013).

Ontologie-ontwerppatronen

Een ontologie-ontwerppatroon – in het Engels 'Ontology Design Patterns' (ODP) geheten – is te definiëren als een potentiële mogelijkheid, ter oplossing van concrete, veelvoorkomende en lastige modelleerproblemen die zich voordoen tijdens de ontwikkeling van een ontologie. Het zijn herbruikbare oplossingen, bedoeld om ontologieontwikkeling te vereenvoudigen en het gebruik van semantische technologieën te ondersteunen. ODP's documenteren en verpakken goede modelleringsmethoden voor hergebruik, waardoor onervaren ontologie-ontwikkelaars idealiter in staat zijn om hoogwaardige ontologieën te construeren. ODP's zijn richtinggevend en maken een betere communicatie mogelijk over ontwerpproblemen en ontwerpoplossingen (Hammar, 2017, pp. 31-34).

Bedrijfsregels

Bedrijfsregels zijn gedragsregels binnen de context van een bedrijf, die een verplichting uitdrukken met een beperking in het handelen. Het opstellen ervan bevalt onder de verantwoordelijkheid van het bedrijfsmanagement. Bezien vanuit een communicatiemodel, is voor de vervaardiger van bedrijfsregels van belang dat de ontvanger deze begrijpt en daardoor naleeft. De taal waarin men de bedrijfsregels opstelt is cruciaal voor het overeen laten komen van de bedoeling van de zender, met het effect van de uitvoering door de ontvanger. Onder implementatie is een vertaling te verstaan, naar een vorm die in de bedrijfspraktijk effectief is. Het beschrijft hoe de bedrijfsregel in de bedrijfsvoering is opgenomen (Coenen, Hermans, van Roosmalen, & Spreuwenberg, 2008).

Artikel 4.1 van het Business Rules Manifest (Business Rules Group, 2003) stelt dat je bedrijfsregels declaratief dient weer te geven; als zinnen in natuurlijke taal, bestemd voor de business.

1.3. Probleemstelling en opdrachtformulering.

De Nederlandse overheid vindt het verstandig dat consumenten zich laten adviseren bij het afnemen van een financieel product.¹ Onder 'adviseren' is te verstaan, het beroepsmatig aanbevelen van een specifiek financieel product aan een bepaalde consument (*Wet op het financieel toezicht artikel 1:1*). Hierbij geldt de wettelijke verplichting om de overwegingen toe te lichten die ten grondslag liggen aan het advies, voor zover dit nodig is voor een goed begrip van het advies (*Wet op het financieel toezicht* 2006, artikel 4:23 sub 1c). Voor zover bekend is er geen onderzoek naar een manier hoe bedrijfsregels op het SW te implementeren zijn, onder deze voorwaarde. Volgens Waltl & Vogl (2018) gaat er sowieso weinig wetenschappelijke onderzoek uit naar vooraf gedefinieerde regels op basis van deductieve en ontologische redeneertechnieken, terwijl dit voor Juridische experts de belangrijkste middelen zijn voor het uitleggen van geautomatiseerde besluitvormingsprocessen. Doel van dit onderzoek is uit te zoeken hoe en in hoeverre deductieregels als ontologie-ontwerppatroon te gebruiken zijn, voor het implementeren van bedrijfsregels als gevolgtrekking met automatische uitleg, onder de voorwaarde dat deze begrijpelijk over komen bij een eindontvanger. Dit geeft als voordeel dat voor een ontologie-ontwerper vooraf zeker te stellen is dat de te modelleren gevolgtrekking met uitleg een structuur hebben, op basis waarvan een uitlegsysteem is toe te passen, voor het genereren van een uitleg in een natuurlijke taal, die zekere mate van begrijpelijkheid kent. Het onderzoeksmodel gaat uit van een vervaardiger van een bedrijfsregel, waarvoor zeker dient te zijn dat de bedrijfsregel begrijpelijk over komt bij de eindontvanger. Onder deze laatste is een eindontvanger van financieel advies te verstaan, in de zin van een persoon zonder ervaring met of achtergrond in OWL of Logica. De centrale onderzoeksvraag luidt:

- *Hoe en in hoeverre zijn gevolgtrekkingen met automatische uitleg te modelleren voor het Semantisch Web?*

Hierbij gelden de volgende onderzoeksvragen:

- *Hoe zijn gevolgtrekkingen met automatische uitleg te genereren met behulp van Semantisch Web Technologie?*
- *Hoe is het uitlegsysteem van Nguyen te gebruiken voor gevolgtrekkingen met rechtvaardigingen?*
- *Hoe zijn deductieregels te gebruiken als ontologie-ontwerppatroon voor het implementeren van bedrijfsregels op het SW?*

¹ <https://www.afm.nl/nl-nl/consumenten/themas/advies>

1.4. Aanpak in hoofdlijnen

Het onderzoek volgt de uitgangspunten voor een deductieve onderzoeksstrategie (Saunders, Lewis, & Thornhill, 2015, p. 76). In hoofdstuk 2 volgt een literatuurstudie, met beschrijving van de onderzoekscontext en een oplevering van het theoretisch kader. Hoofdstuk 3 geeft een toelichting op de gehanteerde methode design science. Toetsing van het theoretisch kader is beschreven in hoofdstuk 4. In hoofdstuk 5 volgt een beantwoording van de centrale onderzoeksvraag.

2. Theoretisch kader

2.1. Onderzoeksaanpak en uitvoering

Het voornaamste doel van een literatuuronderzoek is ondersteuning te geven aan het verkrijgen van een goed begrip en inzicht in de trends die naar voren komen uit recent onderzoek (Saunders, Lewis, & Thornhill, 2015, pp. 41-42). Eerst volgt een beschouwing op SWT, waaronder het uitlegsysteem van Nguyen (2.2). Daarna volgt een beschouwing op ODP's (2.3). De laatste paragraaf (2.4) geeft een samenvatting van het theoretisch kader.

2.2. Semantisch Web Technologie

Modelleertalen voor het Semantisch Web

De modelleertalen van het Semantisch Web zijn hiërarchisch opgesteld, in de zin dat elke laag mogelijkheden gebruikt en benut van de laag eronder.² De onderste laag is de modelleertaal Resource Description Framework (RDF, een standaardtaal voor het uitwisselen van data op het internet (OMG, 2012)). Een RDF-model beschrijft de karakteristieken van bronnen op het web in de vorm van tripels, met de structuur: onderwerp-predicaat-object. Het onderwerp is de beschreven bron. Het predicaat betreft de eigenschap van de bron. Het object is de waarde van dat attribuut.³

Resource Description Framework Schema (RDFS) is een uitbreiding op RDF, doordat het een vocabulaire geeft voor het beschrijven van klassen en eigenschappen van RDF-gebaseerde bronnen, inclusief mogelijk hiërarchische relaties tussen deze klassen en eigenschappen (Eiter, Lanni, Krennwallner, & Polleres, 2008). RDFS kent de mogelijkheid bronnamen van labels te voorzien, die leesbaar zijn voor mensen.⁴

Ontology Web Language (OWL) is ontworpen voor het representeren van complexe, rijke kennis over dingen, verzamelingen en relaties daartussen.⁵ OWL een logische theorie, gebouwd als een verzameling Description Logic axioma's, bestaande uit zinnen van eerste-orde-predicatenlogica. Deze monotonische, logische fundering maakt een bewering in OWL goed gedefinieerd, met een ondubbelzinnige betekenis en geschikt om te gebruiken voor geautomatiseerde redeneertaken (Horridge, 2011). Volgens Bennett (2014) geeft deze basis de mogelijkheid om met OWL bedrijfsregels te omvatten.

OWL kent verschillende syntaxis, die verschillende doelen dienen. De Manchester OWL-syntax is ontworpen om gemakkelijker leesbaar te zijn voor mensen die niet bekend zijn met het vakgebied van Logica. Dit is echter onvoldoende om onervaren gebruikers te helpen bij het ontwikkelen van een OWL-ontologie. Hierbij zijn verschillende problemen te onderkennen, waar verbetering van de

² https://en.wikipedia.org/wiki/Semantic_Web_Stack

³ <https://www.w3.org/TR/rdf-concepts/>

⁴ https://www.w3.org/TR/rdf-schema/#ch_label

⁵ <https://www.w3.org/OWL/>

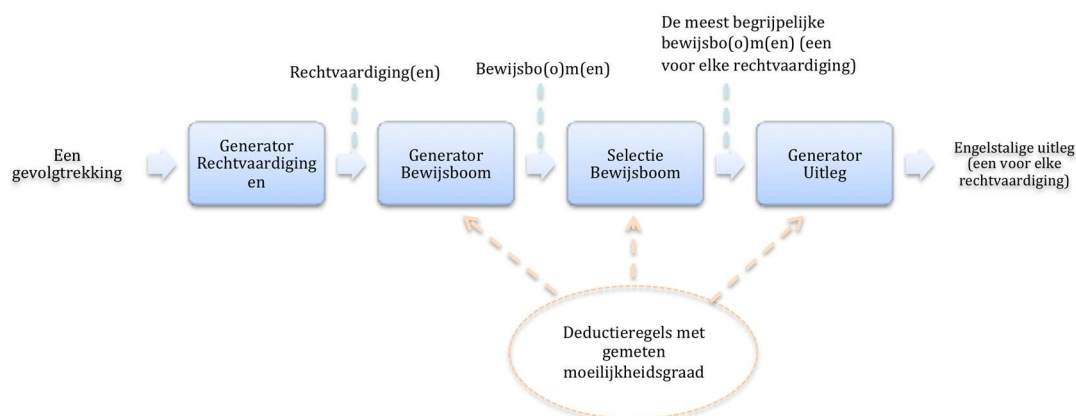
parafrasering van OWL-axioma's een oplossing voor is. Het komt de begrijpelijkheid van de OWL-constructen ten goede (Nguyen, 2013). Onderzoek ter verbetering van de OWL-syntax komt vooral ten goede aan de meer ervaren ontologie-ontwerpers (Warren, Mulholland, & Collins, 2017).

Redeneren met OWL

OWL maakt het mogelijk te redeneren; om expliciete kennis over klassen, individuen en eigenschappen af te leiden in de vorm van logische verklaringen. Deze mogelijkheid gebruikt men voor verschillende taken, voornamelijk te scharen onder de noemer van consistentiecontrole (Hitzler, Krötzsch, Parsia, Patel-Schneider, & Rudolph, 2012) (Nguyen, 2013). Een verzameling regels is eveneens te gebruiken als basis voor een gevolgtrekking op het SW.⁶ Dit blijft buiten beschouwing van dit onderzoek. Een sterkte van OWL is de mogelijkheid informatie te ontdekken die een mens niet zelf had kunnen bedenken. Deze inferenties zijn soms echter moeilijk te begrijpen, zelfs voor zeer ervaren ontologie-ontwikkelaars. Er zijn verschillende tools te gebruiken die hierin verduidelijking kunnen geven. Rechtvaardigingen zijn daar de meest prominente vorm hiervan (Horridge, 2011) (Hitzler, Krötzsch, Parsia, Patel-Schneider, & Rudolph, 2012) (Nguyen, 2013).

Rechtvaardigingen van inferenties

Er is verschillend onderzoek gedaan naar het verbeteren van rechtvaardigingen als bron van uitleg bij ontologie-ontwikkeling. Horridge (2011) definieerde hiervoor de laconieke rechtvaardiging en stelde voor deze te gebruiken in een uitlegsysteem, dat structureel equivalente gevolgtrekkingen en rechtvaardigingen als lemma's gebruikt. Horridge heeft hiervoor een specifieke definitie van syntactische isomorfisme geformuleerd. Nguyen (2013) gebruikt verschillende methoden van Horridge, voor het gebruikersgericht verbeteren van de cognitieve complexiteit van de uitleg per inferentie-stap, maar ook voor de gehele uitleg. Door toepassing van deductieregels deelt het systeem van Nguyen een inferentie op in stappen, die voor de meeste gebruikers niet te triviaal zijn om te begrijpen, maar ook niet te complex. Voor elk van deze stappen - deductieregels geheten - is empirisch bepaald in welke mate te begrijpen is of de inferentie uit de premissen volgt. Hierdoor zijn de inferentiestappen in een uitleg te sorteren op mate van begrijpelijkheid. Nguyen gebruikt dit principe in een model om de begrijpelijkheid van multi-step inferenties te voorspellen. Daarbij is de uitleg in natuurlijke taal zijn, dus verder toe te lichten wanneer noodzakelijk. Afbeelding 1 geeft de architectuur van het uitlegsysteem van Nguyen (2013).

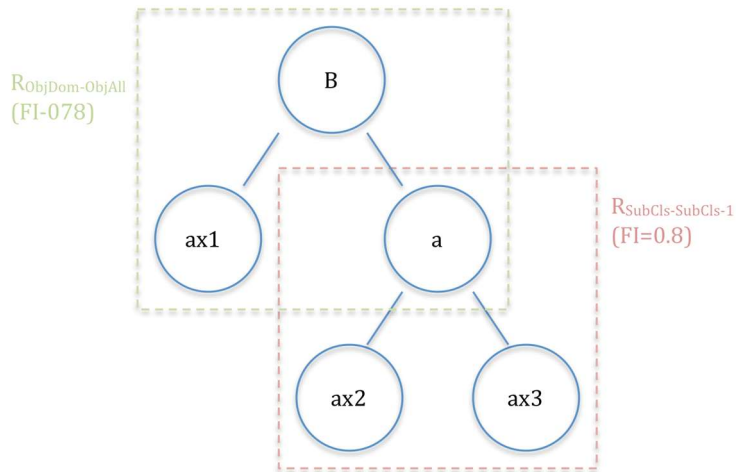


Afbeelding 1: Architectuur uitlegsysteem Nguyen (2013)

De input bestaat uit een gevolgtrekking, de output bestaat uit een Engelstalige uitleg voor elke rechtvaardiging van de gevolgtrekking.

⁶ <https://www.w3.org/standards/semanticweb/inference>

Het systeem start met het genereren van rechtvaardigingen. Daarna volgt één of volgen er meerdere bewijsbomen. Als er meerdere bewijsbomen zijn, dan volgt selectie van de meest begrijpelijke en een uitleg voor deze bewijsboom. Een bewijsboom bestaat uit deductieregels, waarbij de axioma's van een rechtvaardiging (de eindpunten) zijn gekoppeld aan een inferentie (wortelpunt). Wanneer een inferentie met rechtvaardiging volledig overeenkomt met een deductieregel, dan hoeven er geen verdere lemma's te worden toegevoegd (Nguyen, 2013). Afbeelding 2 geeft een bewijsboom voor een multi-stap inferentie.



Afbeelding 2: Bewijsboom met deductieregels 'ObjDom-ObjAll' en 'SubCls-SubCls-1'

De deductieregels 'ObjDom-ObjAll' en SubCls-SubCls-1 zijn hierin omkadert. Te zien is dat lemma 'a' de inferentie is van de axioma's 'ax2' en 'ax3'. Tevens is te zien dat lemma 'a' verbonden is met de inferentie 'B'.

Tabel 1 geeft twee deductieregels, zoals beschreven door Nguyen (2013).

| Naam | Deductieregel | OWL-axioma's | Verbalisatie (Nederlandse vertaling) | FI |
|---------------|--|--|---|------|
| ObjSom-ObjDom | $X \sqsubseteq \exists R_o. Z$ $\wedge \text{Dom}(R_o, Y)$ $\rightarrow X \sqsubseteq Y$ | $X \text{ subClassOf ObjectProperty some } Z.$ $\text{ObjectProperty Domain } Y.$ $\rightarrow X \text{ SubClassOf } Y.$ | Elke $X \text{ } R_o \text{ } Z.$ Alles wat R_o iets is een $Y.$ \rightarrow Elke X is een $Y.$ | 0,79 |
| Objint-2 | $X \sqsubseteq Y \sqcap Z$ $\rightarrow X \sqsubseteq Y$ | $X \text{ subClassOf } Y \text{ and } Z.$ $\rightarrow X \text{ subClassOf } Y.$ | Elke X is zowel een Y als een $Z.$ \rightarrow Elke X is een $Y.$ | 0,96 |

Tabel 1 Twee deductieregels van Nguyen (2013)

De naam 'ObjSom-ObjDom' duidt de expressie van objecteigenschap 'some' en de objecteigenschapsframe 'domain'. De naam 'Objint-2' staat voor de OWL-klasse-constructor 'ObjectIntersectionOf'. Nguyen heeft de deductieregels geformuleerd in relatiealgebra, te zien in de tweede kolom. Het gedeelte voor de pijl betreft de premissen, het gedeelte erna de inferentie. In de derde kolom staan de deductieregels uitgedrukt in OWL-axioma's. De vierde kolom geeft de beste vermelding in natuurlijk taal, zoals Nguyen (2013) deze vaststelde. De letters X , Y en Z staan voor klasse-namen. R_o staat voor een objecteigenschap. De kolom 'FI' geeft een geïndexeerde waarde aan, die uitdrukt of een persoon herkent dat de inferentie uit de premissen volgt. Uit verschil in FI-waarde volgt dus dat het waarschijnlijker is dat een persoon de inferentie van deductieregel 'Objint-

2' herkent, dan die van 'Objsom-Objdom'. Volgens Nguyen betekent een FI-score lager dan 0,5 dat een deductieregel in verhouding onbegrijpelijk is. De FI-waarde van een multi-step inferentie is te verkrijgen door die van de gebruikte deductieregels te vermenigvuldigen.

Verbalisatie OWL-axioma's door Nguyen

Nguyen baseerde de verbalisatie van de OWL-axioma's op prominente stromingen in het onderzoeksgebied van natuurlijke taal generatie en deed een empirische toetsing om vast te stellen welke verbalisaties het meest begrijpelijk zijn. Tabel 2 geeft de verbalisaties geselecteerd door Nguyen, van twee OWL-axioma's die relevant zijn voor dit onderzoek.

| OWL-axioma | Verbalisatie |
|--------------------------------|--|
| A subClassOf B | Every A is a B |
| ObjectProperty Domain Y | Anything that ObjectProperty something is an A |

Tabel 2 Verbalisatie van twee OWL-axioma's Nguyen (2013, p.88)

Toepassing uitlegsysteem Nguyen

In de eerste fase van toepassing volgt classificering van elke lexicon-ingave, in één van de categorieën 'zelfstandig naamwoord', 'werkwoord', 'eigenaam', op basis van de typen 'klasse', 'individu', 'eigenschap', 'data type', 'literal'. Het verbaliseren van de OWL-axioma's geschiedt door elke OWL-constructor in een sjabloon te plaatsen dat staat voor een component in de Engelse grammatica. Tabel 3 geeft drie sjablonen, relevant voor dit onderzoek.

| OWL-constructor | Categorie | Grammatica |
|-----------------------|----------------|--|
| A subClassOf B | Zin | ZF[BEP('elke'), ZNW(A)], WF _s (B) |
| A subClassOf C | Zin | ZF[BEP('elke'), ZNW(A)], WF _s (C), waarbij het template voor WF _s (C) varieert afhankelijk van het type C. |
| A and B | Werkwoordfrase | WW _s ('is'), CONJ('zowel'), ZF[BEP('een'), ZNW(A), CONJ('en'), ZF[BEP('een'), ZNW(B)]] |

Tabel 3 Sjablonen voor OWL-constructors Nguyen (2013, p.)

Hierin staan A en B voor gewone naamklassen en C voor een complexe klasse-expressie. Voor de axioma-constructor **subClassOf** volgt een grammaticaal sjabloon voor een zin. Voor klasseconstructor **and** volgt een sjabloon voor een werkwoordfrase. In de kolom 'Grammatica' staan deze sjablonen. ZF staat voor een zelfstandig naamwoordfrase, BEP voor een bepaler, ZNW voor een zelfstandig naamwoord, WF voor werkwoordfrase, WW staat voor een werkwoord, CONJ staat voor een conjunctie en de S (in subscript) staat voor enkelvouds- en meervoudsmodi. Dit laatste is voor het genereren van grammaticaal geschikte zinnen en zinsdelen in een uitleg. Een verbalisatie van deductieregel 'Objsom-Objdom' ziet dan als volgt uit:

De bewering "elke X is een Y" is geïmpliceerd omdat:

- elke X R_O een Z, en
- alles dat R_O iets is een Y.

In de tweede fase hanteert Nguyen een top-down-benadering, die begint bij de inferentie en vervolgens gaat naar de premissen. Hierbij krijgen eindkopen en lemma's het label 'axioma 1', 'axioma 2', et cetera. De niet-eindknopen of premissen krijgen een label met een letter, bijvoorbeeld 'a', 'B', et cetera. Als beide premissen van deductieregel 'Objsom-Objdom' eindknopen zouden zijn, dan ziet het uitlegtemplate er dus als volgt uit:

De bewering (a) is geïmpliceerd omdat:

- elke $X R_O$ een Z (vanuit axioma 1), en
- alles dat R_O iets is een Y (vanuit axioma 2)

Wanneer deze deductieregel onderdeel zou zijn van een multi-stap inferentie, dan ziet de template van de verbalisatie er als volgt uit:

De bewering (a) is geïmpliceerd omdat:

- elke $X R_O$ een Z (vanuit axiom 1), en
- alles dat R_O iets is een Y (b).

In dit geval is de premisse gelabeld met (b) dus een niet-eindknoop. Dit betekent dat de uitleg hiervan pas in een volgende inferentiestap volgt.

In de derde fase bepaalt Nguyen een label voor elk knooppunt in de bewijsboom. Op basis hiervan volgt generatie van een uitleg voor de individuele inferentiestappen. Eén voor elke niet-eindknooppunt, voor elke onderhavige deductieregel. Het systeem geeft daarbij de mogelijkheid verklaringen voor individuele stappen flexibel te modificeren voor een goede uitleg.

Kanttekeningen bij Nguyen

Een beperking in het werk van Nguyen (2013) ligt in de gebruikte definitie van syntactisch isomorfisme van Horridge (2011). Deze schiet tekort voor rechtvaardigingen die verschillen in gebruik van sub-expressies of aantal axioma's (Bail, 2013). Daarnaast maakt Nguyen geen gebruik van psychologische theorieën, waarmee bijvoorbeeld de fouten te verklaren zijn die mensen maken in hun redeneringen. Dit geldt ook voor de benadering van complexiteit in een redeneerstap. Vanuit de psychologische theorie geldt dit als een functie van het aantal variabelen dat in een enkele cognitieve representatie kan worden gerelateerd (Warren, Mulholland, & Collins, 2017).

Nguyen (2013) geeft als aanbeveling voor toekomstig onderzoek een verbetering van verbalisaties voor namen van object- en dataeigenschappen, evenals verbalisaties voor axioma's met namen van eigenschappen.

2.3. Ontology Design Patterns

ODP's zijn een manier om het modelleren van ontologieën toegankelijker te maken voor domeinexperts, ter verlaging van ontwerpkosten en ter vermindering van ontwerpfouten. Het verhoogt de industriële toepassing van semantisch webtechnologie. De kwaliteit van een ODP is sterk verbonden met de reden van toepassing. Ligt de nadruk op herbruikbaarheid dan is een goede code belangrijk. Ligt de nadruk op richting geven in de communicatie over het ontwerpprobleem en de mogelijke oplossingen, dan is goede documentatie belangrijk. De documentatie dient niet alleen tekstuele beschrijving en grafische weergave van het modelleergedeelte of de best practice te bevatten, maar ook een formele codering van de ontologie-taal, van de voorgestelde oplossing (Hammar, 2017).

In het ideale geval voldoet een ODP aan een aantal kenmerken, waaronder uitbreidbaarheid maar onafhankelijkheid, minimalisering van ontologische verplichtingen ter bevordering van, het aankaarten van één of meer expliciete vereisten (of 'use cases' of competentievragen), het representeren van een kernbegrip in een expertisegebied, gegrond in conceptuele of lexicale frames, uit te lijnen met andere patronen, bestrijken van meer dan één toepassingsgebied of domein, adressering van een enkelvoudig invariant in plaats van meerdere herhaalde problemen tegelijkertijd en het volgt bestaande best practices voor het modelleren. Daarbij voorzien ODP's

vooral in nieuwe perspectieven en inzichten, als brandstof voor voortgaand onderzoek (Janowicz, 2016, p. 2).

Een Content ODP (COPD) benadrukt de herbruikbaarheid van een ontwikkeld domeinmodel. Het doel is algemene en specifieke modelleerproblemen op te lossen, aangaande de ontologie-inhoud van een kennisdomein waarvan bekend is dat ze moeilijk correct te modelleren zijn, maar die frequent voorkomen, waarvoor conceptuele harmonisatie handig kan zijn (Hammar, 2017).

Structural ODP's voorzien enerzijds in een oplossing voor taaltekortkomingen en taalbeperkingen, anderzijds voor een oplossing voor problemen aangaande de algemene structuur en vorm van een ontologie (Hammar, 2017). Een voorbeeld van een Structural ODP is 'subClassOf Relation' (Suárez-Figueroa, et al., 2007, p. 45). Hiermee geef je aan dat elementen behorend tot een bepaalde groep of reeks, ook behoren tot een meer algemene reeks. In Tabel 4 is te zien dat de premisse van deductieregel 'Objint-2' deze Structural ODP bevat, blijkens de OWL-constructor 'subClassOf'.

| Deductieregel | OWL-axioma's |
|---------------|--|
| Objint-2 | X subClassOf Y and Z. → X subClassOf Y. |
| Objsom-Objdom | X subClassOf ObjectProperty some Z. ObjectProperty Domain Y. → X SubClassOf Y. |

Tabel 4 Deductieregels uitgedrukt in OWL-axioma's

Tevens is te zien dat de premisse van 'Objint-2' de OWL-klasse-constructor 'and' bevat. Hier is geen ODP voor beschikbaar. Er zijn wel gebruikersinstructies gevonden, die aangeven dat de OWL-constructor 'and' uitdrukt dat een klasse exact de intersectie is van twee of meerdere klassen.

In Tabel 4 is te zien dat de eerste premisse van deductieregel 'Objsom-Objdom' de Structural ODP 'subClassOf Relation' bevat en de Structural ODP 'Object Property'. Hiermee geef je aan dat elementen behorend tot een bepaalde groep of reeks, een relatie of band hebben met andere elementen (Suárez-Figueroa, et al., 2007, p. 48). De constructor 'some' staat voor de Structural ODP 'Existential Restriction', die uitdrukt dat een verzameling elementen zich voordoet in ten minste één relatie met een ander element, behorend tot een bepaalde groep of verzameling (Suárez-Figueroa, et al., 2007, p. 52). In de tweede premisse staat ook de ODP 'object property', met daaraan de toevoeging 'Domain'. Dit betekent dat elementen die behoren tot een bepaalde groep of reeks, een relatie of band hebben met elementen die ook tot een bepaalde groep of reeks behoren (Suárez-Figueroa, et al., 2007, p. 48).

Het instantiëren van een ODP

Een ODP is bij voorkeur template-gebaseerd te instantiëren in de doelontologie, door het kopiëren en hernoemen van de samenstellende klassen en de eigenschappen ervan. Dit geeft minder risico voor het mislukken van de doelontologie door onvoorziene veranderingen die buiten scope vallen. Daarnaast is de doelontologie makkelijker te valideren, doordat het aantal entiteiten afneemt die niet relevant zijn voor het kennisdomein. Een nadeel van de template-gebaseerde benadering is dat je de entiteiten in een patroon meerdere malen moeten initiëren. Daarnaast is de eindoplossing minder makkelijk te delen (Hammar, 2017).

2.4. Samenvatting theoretisch kader

De Manchester OWL-syntax is nog onvoldoende om onervaren gebruikers te helpen bij het ontwikkelen van een OWL-ontologie. Een verbetering is vooral gunstig voor de meer ervaren

ontologie-ontwerpers. Het verbeteren van de parafrasering van OWL-axioma's is een oplossing voor het verbeteren van de uitleg van OWL-constructen, bedoeld voor mensen die weinig of geen ervaring hebben in het vakgebied van het SW of Logica,.

Bij ontologie-ontwikkeling zijn rechtvaardigingen de meest prominente vorm van uitleg voor inferenties. Nguyen ontwikkelde een uitlegsysteem waarin deductieregels enkelvoudig stappen representeren, waarbij ze als lemma gelden voor een volgende inferentiestap. Dit geeft als voordeel dat de uitleg niet te triviaal maar ook niet te complex is om te begrijpen voor eindgebruikers.

Een Content ODP (CODP) lost specifieke, moeilijke modelleerproblemen op die frequent voorkomen, betreffende de ontologie-inhoud van een kennisdomein. Een conceptuele harmonisatie is daarvoor handig. Idealiter voldoet een ODP aan een verscheidenheid van kenmerken, maar voorziet het vooral ook in nieuwe perspectieven en inzichten voor nader onderzoek.

In de premissen van deductieregels zijn Structural ODP's te herkennen. De premisse van deductieregel 'Objint-2' drukt uit dat de elementen in een klasse behoren tot twee of meerdere klassen en behoren tot een intersectie van deze klassen. De premissen van deductieregel 'Objsom-Objdom' drukken uit dat een klasse een subsumptie-relatie heeft met een objecteigenschap, die tenminste één relatie heeft met elementen en met een specifieke klasse.

Deductieregels zijn als CODP te definiëren door ze documenteren. De CODP is dan te gebruiken voor het implementeren van bedrijfsregels op het SW, met als voordeel dat door aanwezigheid van het patroon van de deductieregel het uitlegsysteem van Nguyen een uitleg met een zeker mate van begrijpelijkheid. Nadere toetsing van deze veronderstellingen volgt in het empirische gedeelte van dit onderzoek.

3. Methodologie

In dit hoofdstuk volgt verantwoording van de methode die gebruikt is voor beantwoording van de centrale onderzoeksvraag:

Hoe en in hoeverre zijn gevolgtrekkingen met automatische uitleg te modelleren voor het Semantisch Web?

Paragraaf 3.1 behandelt de onderzoeksmethode design science, met de stappen die genomen zijn voor het beantwoorden van de onderzoeksvraag. Paragraaf 3.2 geeft de methode voor dataverzameling, operationalisering en data-analyse. Paragraaf 3.3 beschrijft methodologische issues.

3.1. Conceptueel en technisch onderzoeksontwerp

Er is gekozen voor de onderzoeksmethode van design science, volgens het model van Hevner (2007). Dit is passend voor het onderzoeksmodel, dat uitgaat van een vervaardiger en een ontvanger van een bedrijfsregel, waarbij zeker dient te zijn dat de bedrijfsregel begrijpelijk over komt bij de ontvanger. Het te onderzoeken artefact in dit model zijn de deductieregels van Nguyen, in een demonstratie als implementatiemethode voor bedrijfsregels op het SW.

Het model van de methode van Hevner (2007) gaat uit van drie inherente onderzoekscycli. Hoofdstuk 1 beschrijft de relevantiecyclus, met de toepassingscontext en de vereiste voor het onderzoek. Hoofdstuk 2 geeft de nauwkeurigheidscyclus, met een theoretische benadering en een methode voor het implementeren van bedrijfsregels op het SW. In hoofdstuk 4 volgt beschrijving

van de ontwerpcyclus, bestaande uit het bouwen van het onderzoeksmodel en een demonstratie van de werking van de implementatiemethode voor het SW.

De implementatie-demonstratie bestaat uit een drietal scenario's gebaseerd op wet- en regelgeving relevant voor het verstrekken van advies bij het aanbieden van een financieel product. Per scenario volgt evaluatie, of de structuur van de implicatie in de bedrijfsregel, precies gelijk over komt bij de ontvanger.

De uitvoering van het onderzoek bestaat uit doorlopen van vijf stappen, waarbij geldt dat herziening van de afgelegde stappen volgt, indien dit verfijning of verbetering van het onderzoeksresultaat geeft.

1. Selectie bedrijfsregel. De bedrijfsregels staan in context van een aanbeveling voor een financieel product. Er volgt beschrijving van de beoordeling welke implicatie uit gaat van de bedrijfsregel en het belang dat een vervaardiger van de bedrijfsregel hierbij heeft, in zijn communicatie richting de ontvanger.
2. Selectie deductieregel. Selectie volgt uit beoordeling welke deductieregel overeenkomt met de geselecteerde bedrijfsregel. Er vindt transformatie plaats van de deductieregel tot CODP door middel van documentering.
3. Demonstratie implementatie in doelontologie. Dit geschiedt template-gebaseerd met behulp van de deductieregel gedefinieerd als CODP, in de doelontologie FIBO.
4. Validatie resultaat. Validatie van de bedrijfsregel volgt uit analyse van het resultaat, op aanwezigheid van onderhavige deductieregel. Hieruit volgt navenante mate van begrijpelijkheid van de uitleg, na toepassing van het uitlegsysteem. Eenzelfde analyse vindt plaats na instantie-controle van een individu, vanuit relevantie voor de beoogde eindgebruiker
5. Discussie en conclusie. Een voldoende bevredigend resultaat betekent dat er geen verdere herhalingen meer nodig zijn, daar er geen verdere verbetering te verwachten is. Hierop volgt een discussie van de resultaten, gevolgd door de eindconclusie. Tenslotte volgen aanbevelingen voor vervolgonderzoek en reflectie op de resultaten.

3.2. Dataverzameling en data-analyse

De benodigde data bestaat uit de deductieregels van Nguyen (2013). Definiëring als CODP's geschiedt conform Hammar (2017), door deze te documenteren met een beschrijving, een gecodeerde weergave, een grafische weergave en met oplevering van een bouwsteen. Deze laatste is beschikbaar via: http://is.cs.ou.nl/OWF/index.php5/Masters_Thesis_Tije_Pietersma. Voor de beschrijving is een template gebruikt zoals vereist in een voorname ODP-community.⁷ De grafische weergave is uitgewerkt met WebVOWL (Wiens, Lohmann, & Auer, 2018). Implementatie van de bedrijfsregel in de doelontologie geschiedt template-gebaseerd, conform Hammar (2017).

Er is gebruik gemaakt van de modelleertaal OWL (Gennari, et al., 2003) en de publiekelijk beschikbare ontologie 'Loan', een domein van FIBO.⁸ Op het moment van schrijven heeft deze de status 'in ontwikkeling'.

Protégé is gebruikt voor het editen en browsen van een ontologie, vanwege de rijke functionaliteit en de mogelijkheid rechtvaardigingen te raadplegen (Horridge, 2011) (Nguyen, 2013) (Petrova,

⁷ <http://ontologydesignpatterns.org/wiki/Submissions:ProposeCP>

⁸ <https://spec.edmcouncil.org/fibo/widoco/master/latest/LOAN/LoanContracts/LoanCore/index-en.html>

Tuzovsky, & Aksenova, 2017) (Musen, 2015). Hierbij is gebruik gemaakt van de Pellet Reasoner plug-in en de Manchester OWL syntax.

Per implementatie-scenario volgt een analyse op axioma-niveau, voor een beoordeling of het patroon van de onderhavige deductieregel exact aanwezig is. Hieruit volgt toepassing van het uitlegsysteem van Nguyen (2013). Eenzelfde analyse volgt na instantiecontrole van een individu, vanuit relevantie voor de beoogde eindgebruiker. De scope is daarmee breder dan die van Nguyen, die zich beperkte tot inferenties op klasse-niveau.

3.3. Methodologische issues

Validiteit

De interne validiteit betreft de kwaliteit van de conclusie die volgt uit het geheel van het onderzoeksontwerp (Saunders, Lewis, & Thornhill, 2015, p. 96). Inhoudsvaliditeit betreft de vraag of alle aspecten van de bedoelde concepten weergegeven zijn in de operationalisering van de meeteenheid (Saunders, Lewis, & Thornhill, 2015, p. 96). Beide deductieregels vallen in categorie 3, dat wil zeggen dat de wenselijkheid van de inferentie volgt uit een beoordeling door een domein-expert.

Betrouwbaarheid

De betrouwbaarheid van een onderzoek is hoog wanneer het herhaald wordt en dezelfde resultaten geeft. Daarbij is de vraag van belang of de metingen dezelfde resultaten geven in een andere setting, of andere onderzoekers soortgelijke observaties doen. Hiermee is rekening gehouden door enerzijds de onderzoeksopzet gelijk te houden aan die van Slootweg (2016), de Klerk (2018) en Zomerdijk (2018), die ieder een CODP als bijdrage leverden. Anderzijds is de opzet van de methode overeenkomstig het onderzoek van Bouwer (2019), die patronen voorstelt voor interface-stijlspecificaties. Tevens is getracht de methode voor verzameling en analyse van de data zo transparant mogelijk te houden, conform Saunders, Lewis & Thornhill (2015, p. 94).

Ethische aspecten

Het onderzoeksontwerp en de methode zijn verankerd in de literatuur en daarmee verifieerbaar. Daarnaast is er gebruik gemaakt van publiekelijk beschikbaar data en onderzoeksbronnen. De onderzoeker beschikt over wettelijk vereiste diplomering voor een beoordeling of het resultaat voldoet aan wet – en regelgeving voor hypotheekadvies.

4. Resultaten

In dit hoofdstuk volgt evaluatie van het onderzoeksmodel, met demonstratie van een implementatie van bedrijfsregels op het SW, met deductieregels uitgedrukt als CODP. Per demonstratie volgt een bouwsteen, als onderdeel van de gedefinieerde CODP. Elke demonstratie heeft de volgende structuur:

- Introductie bedrijfsregel
- Definiëring deductieregel als CODP
- Implementatie bedrijfsregel op het Semantisch Web
- Instantiecontrole van een individu
- Evaluatie van het resultaat

4.1. Demonstratie van een hypotheekleningaanbod dat voldoet aan wet- en regelgeving

De bedrijfsregel betreft de verantwoording, dat een hypotheekleningaanbod dient te voldoen aan een intersectie van regels, afkomstig van de ministeriële regeling 'Tijdelijk regeling hypothecair krediet' (TRHK)⁹ en van de 'Gedragscode Hypothecaire Financieringen' (GHF)¹⁰. De TRHK stelt bijvoorbeeld welke verduurzamingsmaatregelen voor een woning hypothecair te financieren zijn, terwijl in de GHF staat dat een aanbieder extra kredietruimte mag aanhouden voor deze bestedingsdoelen. Een specifiek hypotheekleningaanbod dient dus aan beide regels te voldoen. Het belang voor de vervaardiger van de bedrijfsregel is dat begrijpelijk over komt dat het hypotheekleningaanbod alleen onder deze regelstelling geldt. In die zin verwacht de vervaardiger van de bedrijfsregels naleving van de bedrijfsregel door de ontvanger, dat het hypotheekleningaanbod niet te gebruiken is voor een ander bestedingsdoel.

4.1.1. Definiëring deductieregel als CODP

Uit de literatuurstudie volgt dat de premisse van deductieregel 'Objint-2' uitdrukt, dat elementen in een klasse behoren tot een intersectie van twee of meerdere klassen. Dit is overeenkomstig de bedrijfsregel geïntroduceerd in voorgaande paragraaf, die stelt dat een hypotheekleningaanbod dient te voldoen aan een intersectie van regels van TRHK en GHF. Definiëring van de deductieregel als CODP bestaat documentering, te beginnen met een beschrijving weergegeven in Tabel 5.

| Algemene omschrijving CODP | |
|--|---|
| Naam | Subsumptie-klasse met intersectie |
| Intentie | Een subsumptie-klasse bevat een intersectie van twee of meerdere klassen. |
| Domeinen | Algemene domeinen waar een inferentie met uitleg een zekere mate van begrijpelijkheid dienen te hebben. |
| Onttrokken aan / herontworpen van | Deductieregel 'Objint-2' (Nguyen, 2013) |
| Requirements | Het dient zeker te zijn dat een eindgebruiker begrijpt dat de inferentie(s) uit de premisse(n) volgt. |
| Scenario's | Aangeven en toelichten dat een bindend hypotheekleningaanbod voldoet aan regels van TRHK en van GHF. |

Tabel 5 Beschrijving CODP 'Equivalentente relatie met intersectie'

De gecodeerde weergave van de CODP is afkomstig uit de literatuurstudie en staat weergegeven in Tabel 6. Deze is te gebruiken voor een eerste template-gebaseerde instantiëring van de CODP in de doelontologie.

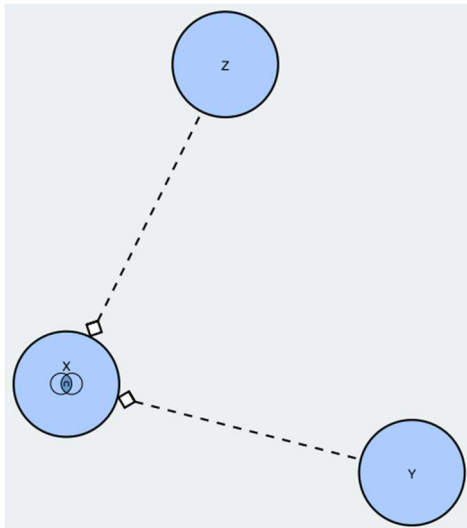
| CODP | Gecodeerde weergave |
|--|--|
| Subsumptie-klasse met equivalentente intersectie | X <code>subClassOf</code> Y <code>and</code> Z. → X <code>subClassOf</code> Y. |

Tabel 6 Gecodeerde weergave CODP 'Subsumptie-klasse met intersectie'

Afbeelding 3 geeft de grafische weergave van de CODP, waarin te zien is dat de klasse X een intersectie bevat van de klasse Y en Z.

⁹ <http://wetten.overheid.nl/BWBR0032503/2018-01-01>

¹⁰ <https://www.nvb.nl/publicaties/gedragscodes/1936/gedragscode-hypothecaire-financieringen.html>



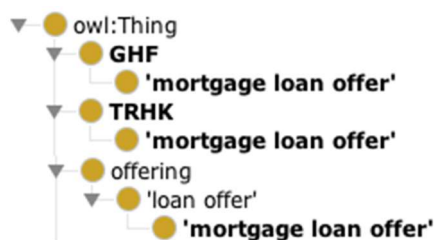
Afbeelding 3 Grafische weergave CODP 'Subsumptie-klasse met intersectie'

4.1.2. Implementatie in FIBO

In deze paragraaf volgt een template-gebaseerde implementatie van de bedrijfsregel, aan de hand van de gedefinieerde CODP 'Subsumptie-klasse met intersectie'.

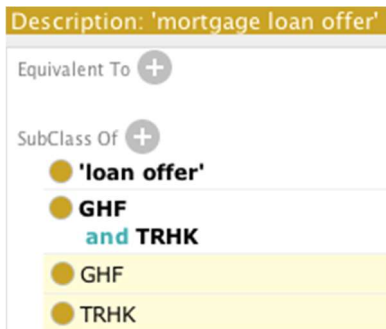
In FIBO heeft de klasse `fiblo-loan-In-In:LoanOffer` de geannoteerde definitie: *"een generiek leenproduct dat aan het publiek wordt aangeboden, of een specifiek aanbod dat is toegesneden op specifieke omstandigheden en gericht is op een potentiële kredietnemer."*. Er volgt ingave van de klasse `mortgageLoanOffer` als subklasse hiervan. Daarnaast volgt toevoeging van de klassen `TRHK` en `GHF` aan de klasse-hiërarchie.

Aan de hand van de template van de CODP vermeld in Tabel 6 volgt ingave van de bedrijfsregel in Protégé. Hiervoor is de volgende algemene klasse-axioma is ingegeven in Protégé: `mortgageLoanOffer subClassOf GHF and TRHK`. Afbeelding 4 geeft een gecomprimeerde weergave van de resulterende klasse-hiërarchie.



Afbeelding 4 klasse-hiërarchie na implementatie CODP

Te zien is dat de klasse `mortgageLoanOffer` een subsumptie-relatie heeft met de klassen `GHF` en `TRHK`. Afbeelding 5 geeft een beschrijving van de klasse `mortgageLoanOffer`. Hierin is te zien dat `Class: mortgageLoanOffer SubClassOf: GHF and TRHK`. Tevens zijn er twee inferenties in de afbeelding te zien, weergegeven met een gele achtergrond. Deze volgen uit toepassing van de Pellet Reasoner.



Afbeelding 5 beschrijving met Inferenties voor klasse *mortgageLoanOffer*

De inferenties geven aan dat de klasse *mortgageLoanOffer* een subklasse is van de klasse GHF en van de klasse TRHK. Raadpleging van de uitleg - van beide inferenties - geeft eenzelfde rechtvaardiging, weergegeven in Afbeelding 6.

Explanation for: 'mortgage loan offer' SubClassOf GHF

'mortgage loan offer' SubClassOf GHF and TRHK

Afbeelding 6 Rechtvaardiging voor inferentie GHF

In lichtgrijze letters is de OWL-axioma van de inferentie weergegeven. De OWL-axioma van de rechtvaardiging staat weergegeven met een lichtgroene achtergrond. De structuur van beide OWL-axioma's komt precies overeen met die van deductieregel 'Objint-2', met uitzondering van een benoeming van de naamklassen. Dit valideert de geïmplementeerde CODP, hieruit volgt de mogelijkheid het uitlegsysteem van Nguyen toe te passen. De verbalisatie van de OWL-axioma van de inferentie ('mortgage loan offer' SubClassOf GHF) is reeds gegeven in Tabel 2. Deze luidt:

Every 'mortgage loan offer' is a GHF.

Verbalisatie van de OWL-axioma van de rechtvaardiging ('mortgage loan offer' SubClassOf GHF and TRHK) volgt uit toepassing van het sjabloon voor de OWL-constructors 'A SubClassOf B' en 'A and B', zoals weergegeven in Tabel 3. Invulling van de sjablonen geeft: ZF[BEP('every'), ZNW('mortgage loan offer')], WF_s[WW_s('is'), CONJ('both'), ZF[BEP('a'), ZNW(mortgage loan offer), CONJ('and'), ZF[BEP('a'), ZNW(GHF)]. Dit geeft de volgende zin met werkwoordfrase:

'Every mortgage loan offer is both a mortgage loan offer and a GHF'.

Omdat er sprake is van een enkelvoudige inferentie-stap is dit de volledige uitleg. Het uitlegsysteem formuleert de uitleg als volgt:

The statement 'Every mortgage loan offer is a GHF' is implied because:

- *Every mortgage loan offer is both a GHF and a TRHK.*

Hiervoor geldt dat een eindgebruiker herkent dat de inferentie volgt uit de premisse, per definitie van onderhavige deductieregel. De eindgebruiker is in dit geval niet een individu die een aanbeveling voor een hypotheek ontvangt, maar bijvoorbeeld de ontwikkelaar van de ontologie daar de inferentie op klasse-niveau is.

In de volgende paragraaf volgt nader onderzoek naar een uitleg op niveau van een individu, vanuit de relevantie voor een eindgebruiker in de zin van eindontvanger van een bedrijfsregel.

4.1.3. Scenario voor classificeren van een individu

In Protégé volgt ingave van de individu mortgageLoanOffer1, als type van de klasse GHF en van de klasse TRHK. Toepassing van de Pellet Reasoner geeft echter geen inferenties voor de individu mortgageLoanOffer1. Op basis van voorgaande resultaat zou wellicht een inferentie als instantie van de klasse mortgageLoanOffer te verwachten zijn. Echter, deze volgt niet daar onbekend is of de elementen van individu mortgageLoanOffer1 - die behoren tot de klasse GHF en tot de klasse TRHK – ook behoren tot de intersectie van de klasse mortgageLoanOffer. Met andere woorden, dat begrijpelijk over komt dat het hypotheekleningaanbod voldoet aan regels van TRHK en GHF, maar dat onbekend is of dit ook de regels zijn waarvoor vastgesteld is dat ze bij elkaar horen.

4.1.4. Evaluatie Implementatie

Met behulp van de CODP 'Subsumptie-klasse met intersectie' is de bedrijfsregel geïmplementeerd in FIBO. Toepassing van de Reasoner geeft de inferenties op klasse-niveau die de bedrijfsregel valideren. De onderhavige deductieregel is te herkennen in de OWL-axioma's van de inferentie en de rechtvaardiging. Toepassing van uitlegmethode van Nguyen geeft een uitleg waarvoor zeker is dat een gebruiker begrijpt dat de inferentie uit de premissen van de rechtvaardiging volgt. Dit is niet de beoogde eindgebruiker in de zin van eindontvanger van de bedrijfsregel. Validatie van de bedrijfsregel met behulp van het classificeren van een individu geeft geen resultaat; er volgen geen inferenties. Dit betekent dat niet zeker te stellen is of de beoogde eindgebruiker de bedrijfsregel ontvangt, laat staan dat zeker is of de uitleg voldoende begrijpelijk over komt.

4.2. Demonstratie bepalen burgerlijke staat aanvrager hypotheeklening

Deze demonstratie betreft de bedrijfsregel dat een aanvrager van een hypotheeklening de burgerlijke staat van 'gescheiden' heeft, wanneer deze in bezit is van een document, met daarin een bevestiging van de ambtenaar van de burgerlijke stand, dat de echtscheiding is ingeschreven in het register.¹¹ De relevantie van deze regel bij verstrekking van een hypotheekleningaanbod ligt in de fiscale en wettelijke regels voor toedeling van de eigenwoning en een eventuele alimentatieplicht richting de ex-partner. De vervaardiger van de bedrijfsregel wil hierbij zeker stellen dat voor de ontvanger begrijpelijk over komt dat toekenning van de burgerlijke staat 'gescheiden' volgt uit de aanlevering van inschrijvingsbevestigingsdocument. De regel bestaat uit de klassen 'gescheiden aanvrager', 'inschrijvingsbevestigingsdocument echtscheiding' en 'gescheiden burgerlijke staat'. Daarnaast is sprake van de objecteigenschap 'heeft inschrijvingsbevestigingsdocument echtscheiding'.

4.2.1. Definiëring CODP

Uit de literatuurstudie volgt dat de premissen van deductieregel 'Obsom-Objdom' uitdrukken dat een klasse een subsumptie-relatie heeft met een objecteigenschap, die tenminste één relatie heeft met andere elementen en met een specifieke klasse.

Ter definiëring van de deductieregel 'Obsom-Objdom' als CODP volgt in Tabel 7 een beschrijving van de CODP 'Subsumptie-klasse van objecteigenschap'.

| Algemene omschrijving CODP | |
|----------------------------|---|
| Naam | Subsumptie-klasse van een objecteigenschap met algemene en specifieke |

¹¹ <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/scheiden/vraag-en-antwoord/scheiding-aanvragen>

| | |
|--|---|
| | relatie |
| Intentie | Een klasse heeft een subsumptie-relatie met een objecteigenschap, die een relatie heeft met een specifieke klasse en tenminste één relatie heeft met een andere klasse. |
| Domeinen | Algemene domeinen waar een inferentie met uitleg een zekere mate van begrijpelijkheid dient te hebben. |
| Onttrokken aan / herontworpen van | Deductieregel 'Objsom-Objdom' (Nguyen, 2013) |
| Requirements | Het dient zeker te zijn dat een eindgebruiker begrijpt dat de inferentie(s) uit de premisse(n) volgt. |
| Scenario's | Begrijpelijke weergeven en toelichten waarom een gescheiden aanvrager van een hypothecaire financiering de burgerlijke staat 'gescheiden' heeft. |

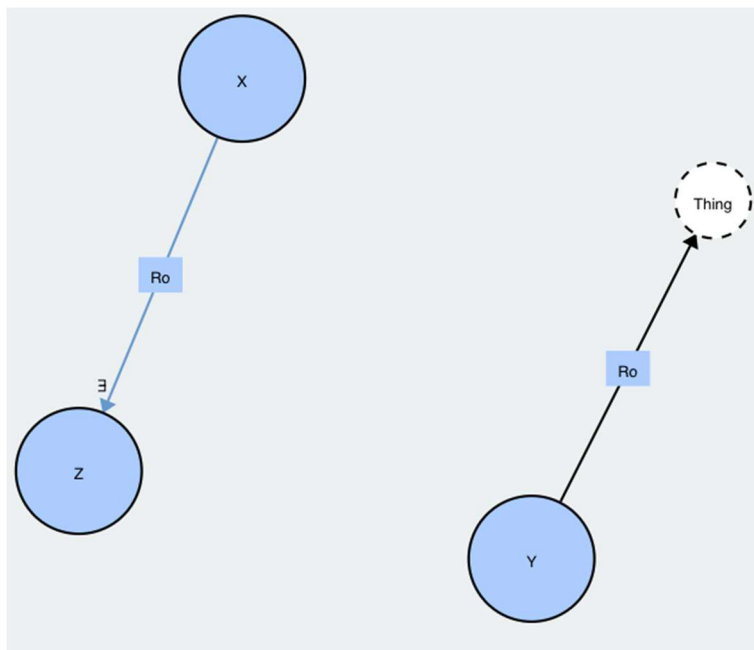
Tabel 7 Beschrijving CODP 'Subsumptie-klasse van objecteigenschap'

Tabel 8 geeft de gecodeerde weergave van de CODP 'Subsumptie-klasse van objecteigenschap', zoals deze volgt uit de literatuurstudie.

| CODP | Gecodeerde weergave |
|---|--|
| Subsumptie-klasse van een objecteigenschap met algemene en specifieke relatie | X subClassOf ObjectProperty some Z. ObjectProperty Domain Y. → X SubClassOf Y. |

Tabel 8 Gecodeerde weergave CODP 'Subsumptie-klasse van objecteigenschap'

Afbeelding 7 geeft de grafische weergave van de CODP.



Afbeelding 7 Grafische weergave CODP

Hierin zijn de twee premissen van de gecodeerde CODP te zien. De lichtblauwe lijn geeft de premisse weer dat de klasse X een subsumptie-relatie heeft met de objecteigenschap R_o , die een relatie heeft met een element in de klasse Z. De zwarte lijn geeft aan dat de objecteigenschap R_o tot het domein van de klasse Y behoort.

4.2.2. Implementatie in FIBO

Er volgt ingave van de klasse divorcedApplicant als subklasse van de klasse fibo-fnd-pty-pty:PartyInRole, die de geannoteerde definitie heeft: *“een relatief concept dat een onafhankelijke partij verbindt met een specifieke rol waarin zij zich bevinden, waarin zij een partij spelen, d.w.z. partij zijn.”*.

Er zijn geen klassen in de ontologie aanwezig aangaande de burgerlijke staat van een persoon. Daarom volgt ingave van de klasse divorcedMaritalStatus en van de klasse divorceRegistrationConfirmationDocument als subklasse van de klasse fibo-fnd-arr-doc:LegalDocument, die de geannoteerde definitie heeft: *“een geschreven of gedrukt papier dat de originele, officiële of juridische vorm van iets draagt en kan worden gebruikt om doorslaggevend bewijsmateriaal of informatie te leveren.”*

Het resultaat van de ingave is een klasse-hiërarchie, zoals gecomprimeerd weergegeven in Afbeelding 8.



Afbeelding 8 Klasse-hiërarchie CODP ‘Subsumptie-klasse van objecteigenschap’

Er volgt ingave van de objecteigenschap hasRegistrationConfirmationDivorce als sub-eigenschap van fibo-fnd-rel-rel:has, die de geannoteerde definitie heeft: *“geeft aan dat iemand (of iets) iets bezit, zoals een kenmerk, eigenschap, functie of mogelijkheid”*.

Er volgt ingave van de CODP op basis van de template vermeldt in Tabel 8. Uit de eerste premisse volgt Class: divorcedApplicant SubClassOf: hasRegistrationConfirmationDivorce some divorceRegistrationConfirmationDocument. Uit de tweede premisse volgt ObjectProperty: hasRegistrationConfirmationDivorce Domain: divorcedMaritalStatus. Toepassing van de Pellet Reasoner geeft één inferentie, te vinden onder de beschrijving van de klasse divorcedMaritalStatus, weergegeven in Afbeelding 9.



Afbeelding 9 Inferentie voor de klasse 'divorced applicant'

De inferentie geeft aan dat de klasse divorcedApplicant een subklasse is van de klasse divorcedMaritalStatus. Raadpleging van de uitleg geeft één rechtvaardiging, weergegeven in Afbeelding 10.

Explanation for: 'divorced applicant' SubClassOf 'divorced marital status'

- 1) 'divorced applicant' SubClassOf 'has registration confirmation divorce' some 'divorce registration confirmation document'
- 2) 'has registration confirmation divorce' Domain 'divorced marital status'

Afbeelding 10 Rechtvaardiging inferentie divorcedMaritalStatus

In deze afbeelding is in lichtgrijze letters de OWL-axioma van de inferentie te zien. Daarop volgen twee genummerde OWL-axioma's in de rechtvaardiging. De structuur van deze OWL-axioma's komt precies overeen met de structuur van de OWL-axioma's van deductieregel 'Objsom-Objdom' zoals vermeld in Tabel 4, met uitzondering van benoeming van de naamklassen en de objecteigenschap. Dit valideert de onderhavige deductieregel en geeft de mogelijkheid het uitlegsysteem toe te passen. Verbalisatie van de OWL-axioma van de inferentie ('divorced applicant' SubClassOf 'divorced marital status') is gegeven in Tabel 2. Deze luidt:

Every divorced applicant is a divorced marital status.

Verbalisatie van de eerste premisse van de rechtvaardiging ('divorced applicant' SubClassOf 'has registration confirmation divorce' some 'divorce registration confirmation document') volgt uit het sjabloon van de OWL-constructor A SubClassOf C, zoals weergegeven in Tabel 3. Invulling van dit sjabloon geeft: ZF[BEP('every'), ZNW(divorced applicant)], WF_s(has registration confirmation divorce a divorce registration confirmation document). Hieruit volgt:

Every divorced applicant has registration confirmation divorce a divorce registration confirmation document.

Verbalisatie van de tweede premisse ('has registration confirmation divorce Domain 'divorced marital status') is gegeven in Tabel 2. Invulling van de objecteigenschap en naamklasse geeft:

Anything that has registration confirmation divorce something is a divorced marital status.

Het uitlegsysteem formuleert de uitleg als volgt:

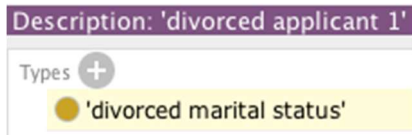
The statement "every divorced applicant is a divorced marital status" is implied because:

- *every divorced applicant has registration confirmation divorce a divorce registration confirmation document, and*
- *Anything that has registration confirmation divorce something is a divorced marital status*

Daar er sprake is van een enkelvoudige inferentiestap is dit de volledige uitleg. Deze uitleg kent een mate van begrijpelijkheid die gelijk is aan onderhavige deductieregel 'Objsom-Objdom'. Daar de uitleg op klasse-niveau is, is de uitleg relevant voor bijvoorbeeld een ontologie-ontwikkelaar en niet voor een eindontvanger van een bedrijfsregel zoals bedoeld in dit onderzoek.

4.2.3. Scenario voor classificeren van een individu

Er volgt ingave van de individu divorcedApplicant1 en de individu registrationConfirmationDivorce 1. Voor divorcedApplicant1 wordt aangenomen dat ObjectProperty: hasRegistrationConfirmationDivorce met de individu registrationConfirmationDivorce 1. Toepassing van de Pellet Reasoner geeft één inferentie, voor de individu 'divorcedApplicant1. Deze is weergegeven in Afbeelding 11.



Afbeelding 11 Beschrijving Inferentie instantie 'mortgage loan offer 1'

De inferentie geeft aan dat de individu een instantie is van de klasse `divorcedMaritalStatus`. Raadpleging van de uitleg geeft één rechtvaardiging, weergegeven in Afbeelding 12.

Explanation for: 'divorced applicant 1' Type 'divorced marital status'

'divorced applicant 1' **Type** 'has registration confirmation divorce' **some** owl:Thing
'has registration confirmation divorce' **Domain** 'divorced marital status'

Afbeelding 12 Rechtvaardiging inferentie 'mortgage loan offer 1' als instantie klasse 'mortgage loan offer'

In de eerste regel staat de OWL-axioma van de inferentie in lichtgrijze letters weergegeven. De structuur hiervan wijkt af van de inferentie in deductieregel `ObjSom-ObjDom`, blijkens de aanwezigheid van de constructor 'Type'. De rechtvaardiging bestaat uit twee OW-axioma's, weergegeven met een lichtgroene achtergrond. Ook deze structuur wijkt af door de aanwezigheid van de constructor 'Type'. Het uitlegsysteem is niet toepasbaar, daar de structuur niet precies overeen komt met onderhavige deductieregel. Hierdoor is ook niet zeker te stellen dat voor een eindgebruiker begrijpelijk over komt dat de inferentie uit de premissen volgt.

4.2.4. Evaluatie implementatie

De bedrijfsregel is geïmplementeerd in FIBO met behulp van de CODP 'Subsumptie-klasse van een objecteigenschap met relaties'. Validatie van de bedrijfsregel volgt uit inferenties op klasse-niveau, waarbij de structuur van de OWL-axioma's precies overeenkomt met die van onderhavige deductieregel `ObjSom-ObjDom`. Hierdoor is zeker te stellen dat een gebruiker op basis van de uitleg begrijpt dat de inferentie uit de premissen van de rechtvaardiging volgt. Uit instantie-controle van een individu volgt eveneens validering van de geïmplementeerde bedrijfsregel. Echter dat de structuur van de inferentie en de rechtvaardiging niet precies overeenkomen met de onderhavige deductieregel. Een verbalisatie gelijk aan onderhavige deductieregel is daarom niet mogelijk. Het uitlegsysteem van Nguyen is gedeeltelijk toepasbaar, daar de axioma-constructor 'type' niet bekend is. Of de beoogde eindgebruiker begrijpt dat de inferentie uit de premissen van de rechtvaardiging volgt is niet zeker te stellen.

4.3. Demonstratie bepalen burgerlijke staat en eigenwoningbezit voor aanvrager hypotheeklening

In deze paragraaf volgt demonstratie, hoe met behulp van de in 4.1 en 4.2 gedocumenteerde CODP's, een bedrijfsregel te implementeren is, die een multi-stap inferentie beslaat. Het eerste gedeelte betreft de bedrijfsregel in paragraaf 4.2, die luidt dat een aanvrager van een hypotheekleningaanbod de burgerlijke staat van 'gescheiden' heeft, wanneer deze in bezit is van een document, met daarin een bevestiging van de ambtenaar van de burgerlijke stand, dat de echtscheiding is ingeschreven in het register. Er volgt een uitbreiding op deze regel, dat de aanvrager tevens eigenwoningbezitter dient te zijn. Het belang voor de vervaardiger van de bedrijfsregel is dat voor begrijpelijk dient over te komen voor de ontvanger dat het hypotheekleningaanbod onder deze voorwaarden geldt. Een ex-partner kan nog steeds eigenaar zijn van de eigenwoning, wanneer de

echtscheiding niet is ingeschreven in het register. De woning mag in dat geval niet zonder toestemming van de ex-partner bezwaard worden met een hypotheek.

4.3.1. Selectie CODP's

Het eerste gedeelte van de te implementeren bedrijfsregel is gelijk aan de geïmplementeerde bedrijfsregel in 4.2. Dit is gedaan met behulp van CODP 'Subsumptie-klasse van een objecteigenschap met relaties' en deze zal daarom opnieuw gebruikt worden.

De uitbreiding van de bedrijfsregel luidt dat de klasse 'gescheiden aanvrager' tevens een intersectie bevat van de klassen 'gescheiden burgerlijke staat' en 'eigenwoningbezitter'. Dit gedeelte de bedrijfsregel komt overeen met de geïmplementeerde bedrijfsregel in 4.1, waarvoor de CODP 'Subsumptie-klasse met intersectie' is gebruikt. Deze CODP zal daarom worden gebruikt voor deze implementatie.

4.3.2. Implementatie in FIBO

Er volgt ingave van de klasse `divorcedMaritalStatus` en van de klasse `divorcedApplicant` als subklasse van de klasse `fibonacci-fnd-pty-pty:PartyInRole`. Tevens volgt ingave van de klasse `divorceRegistrationConfirmationDocument` als subklasse van de klasse `fibonacci-fnd-arr-doc:LegalDocument`. Ten slotte volgt ingave van de objecteigenschap `hasRegistrationConfirmationDivorce` als sub-eigenschap van `fibonacci-fnd-rel-rel:has`. FIBO kent geen klasse aangaande eigenwoningbezit, daarom volgt ingave van de klasse `homeOwner` als subklasse van de klasse `fibonacci-fnd-oac-own:Owner`.

Aan de hand van de gecodeerde weergave van de CODP 'Subsumptie-klasse met intersectie' in Tabel 6, volgt ingave van de OWL-axioma: `Class: divorcedApplicant SubClassOf: divorcedMaritalStatus and homeOwner`. Aan de hand van de gecodeerde weergave van de CODP 'Subsumptie-klasse van een objecteigenschap met relaties' in Tabel 8, volgt ingave van de OWL-axioma: `Class: divorcedApplicant SubClassOf: hasRegistrationConfirmationDivorce some divorceRegistrationConfirmationDocument` en de OWL-axioma `ObjectProperty: hasRegistrationConfirmationDivorce Domain: divorcedMaritalStatus`. Dit geeft een klasse-hiërarchie als resultaat, gecompriëerd weergegeven in Afbeelding 13.



Afbeelding 13 Klasse-hiërarchie multi-stap inferentie

Een verschil met de klasse-hiërarchie in Afbeelding 8 is dat `Class: divorcedApplicant` nu ook als subklasse van `Class: homeOwner` is weergegeven.

Toepassing van de Pellet Reasoner geeft twee inferenties, voor de klasse `divorcedApplicant`, weergegeven in Afbeelding 14.

Description: 'divorced applicant'

Equivalent To +

SubClass Of +

- 'divorced marital status' and 'home owner'
- 'has registration confirmation divorce' some 'divorce registration confirmation document'
- 'party in role'
- 'divorced marital status'
- 'home owner'

Afbeelding 14 Inferenties voor de klasse 'divorced applicant'

Raadpleging van de inferentie 'divorced marital status' geeft een uitleg, te zien in Afbeelding 15.

Explanation 1 ☐ Display laconic explanation

Explanation for: 'divorced applicant' SubClassOf 'divorced marital status'

- 'divorced applicant' SubClassOf 'divorced marital status' and 'home owner'

Explanation 2 ☐ Display laconic explanation

Explanation for: 'divorced applicant' SubClassOf 'divorced marital status'

- 'divorced applicant' SubClassOf 'has registration confirmation divorce' some 'divorce registration confirmation document'
- 'has registration confirmation divorce' Domain 'divorced marital status'

Afbeelding 15 Uitleg inferentie 'divorced applicant'

De OWL-axioma van deze inferentie luidt: divorcedApplicant subClassOf: divorcedMaritalStatus. De uitleg bestaat uit twee rechtvaardigingen, weergegeven als 'Uitleg 1' en 'Uitleg 2'. Deze inferentie berust in werkelijkheid alleen op de OWL-axioma's van 'Uitleg 2'. Dit is te controleren door de uitleg laconiek te maken, weergegeven in Afbeelding 16.

Explanation 1 ☒ Display laconic explanation

Explanation for: 'divorced applicant' SubClassOf 'divorced marital status'

Explanation 2 ☒ Display laconic explanation

Explanation for: 'divorced applicant' SubClassOf 'divorced marital status'

- 'divorced applicant' SubClassOf 'has registration confirmation divorce' some owl:Thing
- 'has registration confirmation divorce' Domain 'divorced marital status'

Afbeelding 16 Laconieke uitleg voor inferentie: 'divorced applicant' SubClassOf 'divorced marital status'

In deze uitleg is te zien er onder 'Uitleg 1' geen rechtvaardiging gevonden is waarop de inferentie daadwerkelijk berust. In de afbeelding is ook te zien dat de structuur van de OWL-axioma's in 'Uitleg 2' gelijk is aan die van onderhavige deductieregel 'ObjSom-ObjDom', gelijk aan de bevindingen in 4.3.2.

Raadpleging van de uitleg van de inferentie 'home owner' leert dat er sprake is van een multi-stap inferentie. De uitleg van deze inferentie is weergegeven in Afbeelding 17.

Explanation for: 'divorced applicant' SubClassOf 'home owner'

'divorced applicant' SubClassOf 'divorced marital status' and 'home owner'

Afbeelding 17 Uitleg voor inferentie 'Home owner'

In deze uitleg is te zien dat de OWL-axioma van de rechtvaardiging luidt: divorcedApplicant SubClassOf: divorcedMaritalStatus and homeOwner. de structuur van deze OWL-axioma komt overeen met die van deductieregel .ObjSom-ObjDom'. Daarnaast komt deze OWL-axioma

gedeeltelijk overeen met de OWL-axioma van de inferentie *'divorced marital status'*. De inferentie *'home owner'* berust dus ten dele op de inferentie *'divorced marital status'*. Daar precies beide deductieregels aanwezig zijn, is er dus sprake is van een multi-stap inferentie.

Verbalisatie van de OWL-axioma van de inferentie (*'divorced applicant' SubClassOf 'home owner'*) volgt uit Tabel 2. Daar er sprake is van een multi-stap inferentie, krijgt deze OWL-axioma In de tweede fase van het uitlegsysteem het label 'B'. Dit geeft de verbalisatie:

Every divorced applicant is a home owner (B).

Verbalisatie van de premisse in de eerste rechtvaardiging (*'divorced applicant' SubClassOf 'divorced marital status' and 'home owner'*) volgt uit het doorlopen van precies dezelfde stappen zoals beschreven in 4.1.2, met als enige verschil de naamklassen. In de tweede fase van het uitlegsysteem krijgt deze premisse het label 'a'. De verbalisatie luidt dan:

Every divorced applicant is both a divorced marital status and a home owner (a).

De stappen doorlopen voor verbalisatie van de twee premissen in de tweede rechtvaardiging (*'divorced applicant' SubClassOf 'has registration confirmation divorce' some 'divorce registration confirmation document' en 'has registration confirmation divorce Domain 'divorced marital status'*) zijn precies gelijk aan de stappen beschreven in 4.2.2. In de tweede fase van het uitlegsysteem krijgt de eerste premisse het label 'axiom 1', de tweede premisse krijgt het label 'axiom 2'. Hieruit volgt de verbalisatie:

Every divorced applicant has registration confirmation divorce a divorce registration confirmation document (axiom 1).

En:

Anything that has registration confirmation divorce something is a divorced marital status (axiom 2).

Samengevat genereert het uitlegsysteem van Nguyen de volgende, volledige uitleg voor de multi-stap inferentie:

The statement 'every divorced applicant is a home owner' (B) is implied because:

- *every divorced applicant is both a divorced marital status and a home owner (a).*

Statement (a) 'Every divorced applicant is both a divorced marital status and a home owner' is implied because:

- *every divorced applicant has registration confirmation divorce a document registration confirmation divorce' (from axiom 1), and*
- *anything that has registration confirmation divorce something is a divorced marital status (from axiom 2).*

Deze uitleg heeft een mate van begrijpelijkheid die gelijk is aan een vermenigvuldiging van de FI-waardes van de onderhavige deductieregels. Dit geeft een FI-waarde van 0,76. Dat wil zeggen dat de uitleg begrijpelijk is voor een eindgebruiker. Daar de inferenties op klasse-niveau zijn, is dit niet relevant voor de beoog eindontvanger van de bedrijfsregel, maar voor bijvoorbeeld een ontologie-ontwikkelaar.

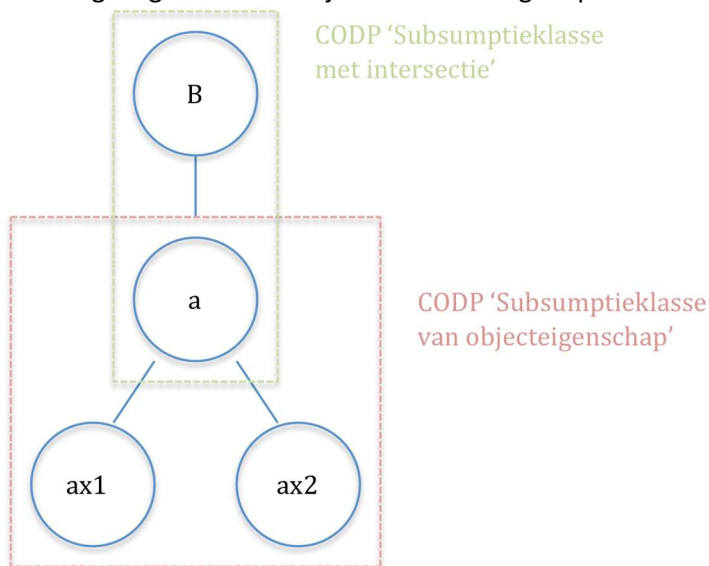
4.3.3. Classificeren van individuen

Er volgt ingave van de individu `divorcedApplicant1`, als type van de klasse `divorcedMaritalStatus` en van de klasse `homeOwner`. Tevens volgt ingave van de individu `registrationConfirmationDivorce 1`. Voor individu `divorcedApplicant1` wordt aangenomen dat `ObjectProperty: hasRegistrationConfirmationDivorce` met de individu `registrationConfirmationDivorce 1`.

Toepassing van de Pellet Reasoner geeft géén inferenties voor de individu `divorcedApplicant1`. De individu is niet af te leiden als instantie van de klasse `divorcedApplicant`. Dit is conform de bevindingen in 4.1.3; voor de individu is niet bekend of deze elementen bevat die voor komen in de intersectie van de klasse `divorcedApplicant`. Daarnaast volgt er voor de individu `divorcedApplicant1` geen inferentie als instantie van de klasse `divorcedMaritalStatus` - waar dit op basis van de bevindingen in 4.2.3 te verwachten is - daar dit reeds aangenomen is.

4.3.4. Evaluatie implementatie

De bedrijfsregel is geïmplementeerd met behulp van de CODP's: 'Subsumptie-klasse van objecteigenschap' en 'Subsumptie-klasse met intersectie'. Validatie volgt uit inferenties op klasse-niveau, daar geldt dat de OWL-axioma's precies overeenkomen met onderhavige deductieregels. Afbeelding 18 geeft een bewijsboom voor de geïmplementeerde bedrijfsregel.



Afbeelding 18 Multi-step inferentie bestaande uit twee CODP's

In deze afbeelding zijn de gebruikte CODP's omkadert. Onder de letter 'a' is de OWL-axioma van de inferentie '*divorced marital status*' te verstaan, onder 'ax1' en 'ax2' de OWL-axioma's van bijbehorende rechtvaardiging. Onder 'B' is de OWL-axioma van de inferentie '*divorced marital status*' te verstaan. De rechtvaardiging van deze inferentie bestaat uit de OWL-axioma van inferentie 'a'. Dit bevestigt de implementatie van de bedrijfsregel als multi-stap inferentie.

Uit toepassing van uitlegsysteem van Nguyen volgt een uitleg waarvoor zeker te stellen is dat de ontvanger herkent dat de inferenties uit de premissen van de uitleg volgen. Dit is echter niet de beoogde eindgebruiker, maar eerder een gebruiker zoals een ontologie-ontwikkelaar, daar het op klasse-niveau is. Instantie-controle van een individu geeft geen resultaat waarmee de bedrijfsregel te valideren is, daar er geen inferenties volgen. Dit wil zeggen dat de implementatie niet nuttig is voor de beoogde eindgebruiker in de zin van eindontvanger van de bedrijfsregel.

5. Discussie, conclusie, aanbevelingen voor vervolgonderzoek en reflectie

5.1. Discussie

Dit onderzoek laat zien dat het mogelijk is deductieregels als CODP te definiëren, voor het implementeren van bedrijfsregels op het SW, onder de voorwaarde dat de gemodelleerde gevolgtrekking met automatische uitleg begrijpelijk over komen bij een gebruiker. De premissen van de geselecteerde deductieregels bevatten Structural ODP's zoals beschreven in Suárez-Figueroa (2007), waardoor na te gaan is welke intentie van een deductieregel uit gaat. Dit is op te nemen in de documentering van de CODP, zoals Hammar (2017) dit voorstelt. Op basis hiervan is een bedrijfsregel template-gebaseerde te implementeren in een doelontologie, volgens Hammar de meest gebruikelijke implementatie-methode. Inferenties valideren de bedrijfsregel, door exacte aanwezigheid van onderhavige deductieregel in het resultaat. Hieruit volgt toepassing van het uitlegsysteem van Nguyen (2013) en bijbehorende mate van begrijpelijkheid voor de ontvanger van de bedrijfsregel. Echter, dit resultaat geldt alleen op klasse-niveau, daar Nguyen deductieregels alleen op dit niveau vaststelde. Het resultaat is daardoor minder relevant voor de beoogde eindgebruiker, in de zin van eindontvanger van de bedrijfsregel. Hiervoor is het niveau van een individu relevant, maar op dit niveau volgt dat de mate van begrijpelijkheid van het resultaat onbekend, daar de onderhavige deductieregel niet exact aanwezig is in het resultaat en het uitlegsysteem daardoor niet toepasbaar is. De CODP's zijn wel te gebruiken voor implementatie van een bedrijfsregel die een multi-stap inferentie beslaat, waarbij eveneens alleen op klasse-niveau het uitlegsysteem toepasbaar is, waaruit navenante begrijpelijkheid van het eindresultaat voor een eindgebruiker volgt.

De CODP's voldoen aan een aantal kenmerken die een ODP volgens Janowicz (2016) idealiter zou moeten hebben. De CODP's zijn uit te breiden, bijvoorbeeld door samenvoeging tot een CODP voor modellering van een multi-stapinferentie. Daarbij blijven de CODP's ook onafhankelijk te gebruiken. Daarnaast kaarten de CODP's een expliciete vereiste aan; dat een gevolgtrekking met toelichting begrijpelijk dient over te komen bij een eindgebruiker. De CODP's representeren daarmee een kernbegrip in het expertisegebied van de financiële industrie. De CODP's zijn gegrond in de conceptuele benadering van deductieregels. Of de CODP's zijn uit te lijnen met andere patronen dan deductieregels is niet onderzocht. Dit geldt eveneens voor de vraag of de CODP's ontologische verplichtingen minimaliseert. De CODP's beslaan niet meer dan één toepassingsgebied of domein. De vraag of de CODP's een enkelvoudige invariant adresseren in plaats van meerdere herhaalde problemen tegelijkertijd is niet onderzocht.

5.2. Conclusie

Op basis van de discussie in voorgaande paragraaf, volgt in deze paragraaf een beantwoording van de onderzoeksvragen ter beantwoording van de centrale vraag:

Hoe en in hoeverre zijn gevolgtrekkingen met een automatische uitleg te modelleren voor het Semantisch Web?

De eerste twee onderzoeksvragen luiden:

- *Hoe en in hoeverre zijn gevolgtrekkingen met automatisch uitleg met behulp van Semantisch Web Technologie te genereren?*
- *Hoe is het uitlegsysteem van Nguyen te gebruiken voor gevolgtrekkingen met rechtvaardigingen?*

Met behulp van de modelleertalen van het SW zijn tripels te formuleren voor het genereren van gevolgtrekkingen. Deze zijn soms moeilijk zo niet onmogelijk om te begrijpen. Rechtvaardigingen zijn de meest prominente vorm van uitleg voor inferenties. Alleen het gebruik van de Manchester OWL-syntax is onvoldoende om eindgebruikers hierbij te helpen, verbetering hiervan komt vooral ten goede aan ontologie-ontwikkelaars. Nguyen ontwikkelde een uitlegsysteem voor subsumptie-relaties op klasse-niveau, op basis van rechtvaardigingen. Deductieregels vormen hierin enkelvoudige stappen of lemma's in een uitleg. Toepassing geeft de mogelijkheid een uitleg te genereren in natuurlijke taal, waar empirisch voor is vastgesteld dat deze niet te triviaal maar ook niet te complex is voor eindgebruikers om te begrijpen. De uitleg is nader toe te lichten wanneer dit noodzakelijk is, daar deze in natuurlijke taal is.

Het uitlegsysteem is te gebruiken voor inferenties op klasse-niveau, waar niet de relevantie ligt voor een eindgebruiker zoals gedefinieerd in dit onderzoek. Deze relevantie ligt op niveau van een individu, maar op dit niveau is het patroon van een deductieregel niet terug te herkennen. Het uitlegsysteem is daardoor niet toepasbaar. De mate van begrijpelijkheid van de uitleg is daarbij niet bekend.

De derde onderzoeksvraag luidt:

- *Hoe zijn deductieregels te gebruiken als ontologie-ontwerppatroon bij het implementeren van bedrijfsregels?*

Deductieregels bestaan uit Structural ODP's. Hierdoor is na te gaan met welke intentie ze te gebruiken zijn. Dit is hand voor definiëren van een deductieregel als CODP. Een dergelijke CODP geeft als voordeel dat deze te gebruiken is bij het implementeren van een bedrijfsregel, waarbij zeker dient te zien dat het resultaat begrijpelijk overkomt bij een eindgebruiker. Deze zekerheid volgt uit aanwezigheid van de onderhavige deductieregel in het gemodelleerde. Het is tevens mogelijk de CODP's te gebruiken voor het implementeren van een bedrijfsregel die uit een multi-stap inferentie bestaat. De gedefinieerde CODP's voldoen aan kenmerken waar ze idealiter aan zouden moeten voldoen, daar ze uitbreidbaar zijn, maar ook onafhankelijk te gebruiken. Daarnaast kaarten de CODP's een expliciete vereiste aan en representeren daarmee een kernbegrip in het expertisegebied van de financiële industrie. De CODP's zijn gegrond in de conceptualisatie van deductieregels. Daarnaast voorzien de CODP's in een nieuw perspectief en nieuwe inzicht voor voortgaand onderzoek

5.3. Aanbeveling voor vervolgonderzoek

Nguyen stelde voor veertig deductieregels vast dat deze in verhouding begrijpelijk zijn, in dit onderzoek zijn twee hiervan gebruikt. Aanbeveling voor vervolgonderzoek is dan ook voor de overige deductieregels te onderzoeken hoe deze uit te drukken zijn als CODP, hoe en in hoeverre deze te gebruiken zijn voor het implementeren van bedrijfsregels die een enkelvoudige of multi-stap inferentie beslaan. Een andere interessante onderzoeksrichting zou zijn hoe de begrijpelijkheid van het gemodelleerde op het niveau van een individu te verbeteren is.

5.4. Reflectie

In dit onderzoek is de mate van begrijpelijkheid van het gemodelleerde afgeleid van de mate van begrijpelijkheid van de onderhavige deductieregels, zoals Nguyen (2013) die empirisch vaststelde. Deze waarde geeft echter alleen aan hoe waarschijnlijk het is dat een gebruiker voor een deductieregel herkent dat een inferentie uit bijbehorende premissen volgt, in verhouding met de overige deductieregels. Nguyen gebruikte voor deze vaststelling een gering aantal mensen ($n < 100$),

waarbij persoonlijke factoren, - zoals bijvoorbeeld het opleidingsniveau van de respondenten - buiten beschouwing bleef. Daarnaast schieten deductieregels tekort voor rechtvaardigingen die verschillen in gebruik van sub-expressies of aantal axioma's en is niet uitgegaan van psychologische theorieën, waarmee bijvoorbeeld de fouten te verklaren zijn die mensen maken in hun redeneringen. Een ander punt ligt in de benadering van complexiteit in een redeneerstap. Vanuit de psychologische theorie geldt dit als een functie van het aantal variabelen dat in een enkele cognitieve representatie kan worden gerelateerd. De vastgestelde mate begrijpelijkheid van de deductieregels zegt dus vooral iets over de onderlinge verhouding hiervan. Dit onderzoek gebruikt twee begrijpelijke deductieregels, maar dat wil echter niet zeggen dat ze daadwerkelijke voor alle mensen begrijpelijk zijn.

Voor de gebruikte verbalisaties van Nguyen geldt dat deze berusten op een verantwoorde selectie van de voordelen van vier prominente CNL's. Nguyen heeft geen empirisch onderzoek gedaan of deze verbalisaties het meest begrijpelijk zijn. Nguyen gebruikt in elke fase van het uitlegsysteem algoritmes die besloten liggen in de verbalisatie-applicatie SWAT. Deze zijn niet gebruikt in dit onderzoek, daar de plug-in van de applicatie ondanks herhaaldelijk verzoek niet beschikbaar is gesteld aan de onderzoeker.

Op de selectie van de deductieregels - die getransformeerd zijn tot CODP voor implementatie van de geselecteerde bedrijfsregel - valt af te dingen dat het scala van modelleringsmogelijkheden hierdoor zeer beperkt is geweest. Anders gezegd dat er wellicht een veel beter modellering mogelijk was geweest, zij het dat het eindresultaat dan niet zou voldoen aan de voorwaarde van begrijpelijkheid voor een relevante eindgebruiker. Echter, dat er bij de implementatie in de doelontologie geen inconsistenties vastgesteld, of dat er andere problemen naar voren kwamen waaruit bleek dat de modellering ongeschikt was.

Opvallend bij implementatie in de doelontologie FIBO is dat slechts een enkele bestaande klasse te gebruiken is voor implementatie van de bedrijfsregels, ondanks de enorme omvang van FIBO. Dit is uitgebreid onderzocht, de meest voor de hand liggende verklaring lijkt het feit dat FIBO bedoeld is voor risicobehoordeling van een bedrijfsvoering, waar een aanbod voor een hypothecaire financiering vanuit dat perspectief gezien buiten valt. Dit pas het geval nadat het aanbod is geaccepteerd door de ontvanger en dit akkoord vervolgens administratief verwerkt is door de aanbieder.

Geciteerde werken

AFM. (2018). *Visie op roboadvies*. Amsterdam: Autoriteit Financiële Markten.

Bail, S. &. (2013). The logical diversity of explanations in OWL ontologies. *Proceedings of the 22nd ACM international conference on Conference on information & knowledge management* (pp. 559-568). San Francisco: CIKM.

Bennett, M. G. (2014). *Reuse of Semantics in Business Applications*. Rio de Janeiro: CEUR Workshop Proceedings.

Bouwer, E. (2019). *Patterns of and extensions to semantic browser style specification for business rule violations*. Heerlen: Open Universiteit Nederland

Butler, T., & Abi-Lahoud, E. (2014). A Mechanism-Based Explanation of the Institutionalization of Semantic Technologies in the Financial Industry. *Transfer and Diffusion of IT (TDIT)* (pp. 277-294). Aalborg: Springer.

- Coenen, A., Hermans, L., van Roosmalen, M., & Spreeuwenberg, S. (2008). Regels moeten worden geregeld. In A. Coenen, L. Hermans, M. van Roosmalen, & S. Spreeuwenberg, *Uw bedrijf geregeld met Business Rule Management* (pp. 19-38). Den Haag: ICT-bibliotheek.
- De Klerk, S. (2018). *Semantic Web Content Ontology Design Patterns for A-Hohfeld Legal Relations*. Heerlen: Open Universiteit Nederland.
- Eiter, T., Lanni, G., Krennwallner, T., & Polleres, A. (2008). Role of Ontology in Semantic Web. *Reasoning Web* , 1-53.
- Gennari, J. H., Musen, M. A., Fergerson, R. W., Grosso, W. E., Crubézy, M., Eriksson, H., et al. (2003, January). The Evolution of Protégé: An Environment for Knowledge-Based Systems Development. *International Journal of Human-Computer Studies* , 89-123.
- Hammar, K. (2017). *Content Ontology Design Paterns: Qualities, Methods, and Tools*. Linköping: Linköping University.
- Hitzler, P., Krötzsch, M., Parsia, B., Patel-Schneider, P. F., & Rudolph, S. (2012, December 11). *OWL 2 Web Ontology Language Primer (Second Edition)*. Opgeroepen op juni 30, 2018, van W3C: <https://www.w3.org/TR/owl2-primer/>
- Horridge, M. (2011). *Justification Based Explanation in Ontologies*. Manchester: The University of Manchester.
- Hu, D., Yan, J., Zhao, J. L., & Hua, Z. (2013). Ontology-based scenario modeling and analysis for bank stress testing. *Decision Support Systems* , 63, 81-94.
- Musen, M. (2015). The Protégé Project: A Look Back and a Look Forward. *AI Matters* , 1 (4), 4-12.
- Nguyen, T. (2013). *Generating Natural Language Explanations For Entailments In Ontologies*. The Open Universty.
- NIBUD. (2017). *Keuzeprocess bij financieel advies*. Utrecht: NIBUD.
- Petrova, G. G., Tuzovsky, A. F., & Aksenova, N. V. (2017). International Conference on Information Technologies in Business and Industry 2016. *Application of the Financial Industry Business Ontology (FIBO) for development of a financial organization ontology* (pp. 1-5). Tomsk: IOP Publishing.
- Saunders, M., Lewis, P., & Thornhill, A. (2015). Het doel van een literatuurstudie. In M. Saunders, P. Lewis, & A. Thornhill, *Methoden en technieken van onderzoek* (M. C. Booi, S. Beltman, A. Booy, & A. Borggreve, Vert., 7e ed., pp. 41-45). Amsterdam: Pearson Benelux B.V.
- Schiller, M., & Glimm, B. (2013). A brief review of explanation in the Semantic Web. *Informal Proceedings of the 26th International Workshop on Description Logics. 1014*, pp. 930-941. Ulm: CEUR.
- Slootweg, P., (2016). *De implementatie van Hohfeldian legal concepts, ambiguïteit en traceerbaarheid met Semantisch Web-technologieën*. Heerlen: Open Universiteit Nederland.
- Stolper, O., & Walter, A. (2018, june). It takes two to Tango: Households' response to financial advice and the role of financial sophistication. *Journal of Banking & Finance* , 295-310.
- Suárez-Figueroa, M. C., Brockmans, S., Gangemi, A., Gómez-Pérez, A., Lehmann, J., Lewen, H., et al. (2007). *NeOn Modelling Components*. NeOn: Lifecycle Support for Networked Ontologies. neon-project.org.

Tzioti, S. C., Wierenga, B., & Van Osselaer, S. M. (2014). The Effect of Intuitive Advice Justification on Advice Taking. *Journal of Behavioral Decision Making* , 27, 66-77.

Tzioti, S. (2010). *Let Me Give You a Piece of Advice*. Rotterdam: Erasmus University Rotterdam.

Warren, P., Mulholland, P., & Collins, T. a. (2017). Using Insights from Psychology and Language to Improve How People Reason with Description Logics. (E. Blomqvist, D.

Waltl, B., & Vogl, R. (2018). Explainable Artificial Intelligence – the New Frontier in Legal Informatics. *Jusletter IT* , 22, 1-10.

Wiens, V., Lohmann, S., & Auer, S. (2018). WebVOWL Editor: Device-Independent Visual Ontology Modeling. *Proceedings of the ISWC 2018 Posters & Demonstrations, Industry and Blue Sky Ideas Tracks* (pp. 1-10). Monterey: CEUR Workshop Proceedings.

Zomerdijk, A. (2018). *Semantic Web Ontology Design Patterns for Reasoning with Legal Temporal Information*. Heerlen: Open Universiteit Nederland.